PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-133409
(43)Date of publication of application : 13.05.1994

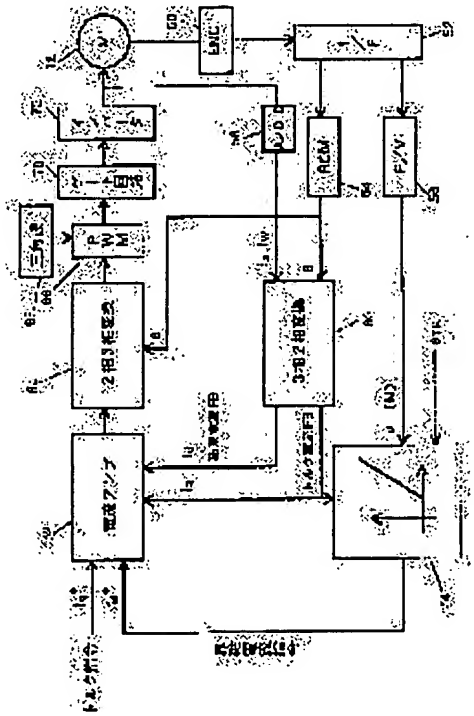
(51)Int.Cl. B60L 9/18
H02P 5/408

(21)Application number : 04-302972
(22)Date of filing : 15.10.1992

(71)Applicant : YAMAHA MOTOR CO LTD
(72)Inventor : TANAKA HIROSHI
MURATA KAZUHIRO
TAKANO TADASHI

(54) CONTROLLER FOR ELECTRIC MOTOR CAR

(57)Abstract:
PURPOSE: To improve the power performance by setting an increase rate to the rotational speed of a motor of a field current command determining the intensity of field weakening at a value smaller than that of the field current command at the time of partial load operation.
CONSTITUTION: The revolution of a rotor is converted into a binary signal by an interface 52, and changed into the angle of rotation θ on the basis of conversion display stored in a ROM 54. The binary signal is converted into voltage V proportional to rotational speed by an F/V converter 56. Two phase currents iu, iw in the three-phase armature windings of a motor 12 are inputted to a three-phase two-phase converter 60 through an A/D converter 58. The three-phase two-phase converter 60 feeds back flux currents id and torque currents iq to a current amplifier 62. The current amplifier 62 obtains a d-axis voltage command Vd* and a q-axis voltage command Vq* on the basis of a torque command iq* and a field current command id*. Fueld-weakening control characteristics weak ening the grade of the field current command id* for determining the intensity of field-weakening control with the reduction of load are stored in a field command generating circuit 74.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	12.10.1999
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	27.02.2003
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12)公開特許公報（A）　(11)特許出願公開番号

特開平6－133409

(43)公開日　平成６年(1994)５月13日

(51)Int.Cl.'	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
Ｂ６０Ｌ　9/18		Ｊ　9380－4Ｈ		
Ｈ０２Ｐ　5/408		Ｃ　9178－5Ｈ		

審査請求　未請求　請求項の数１(全　７　頁)

(21)出願番号　特願平4－302972

(22)出願日　平成４年(1992)10月15日

(71)出願人　000010076
ヤマハ発動機株式会社
静岡県磐田市新貝2500番地

(72)発明者　田中　普
静岡県磐田市新貝2500番地　ヤマハ発動機株式会社内

(72)発明者　村田　和弘
静岡県磐田市新貝2500番地　ヤマハ発動機株式会社内

(72)発明者　高野　正
静岡県磐田市新貝2500番地　ヤマハ発動機株式会社内

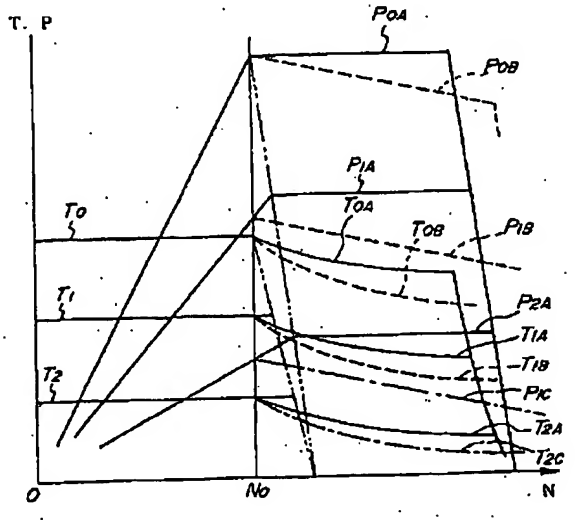
(74)代理人　弁理士　山田　文雄　(外１名)

(54)【発明の名称】　電動車両の制御装置

(57)【要約】

【目的】　永久磁石同期モータの回転を変速装置を介して駆動輪に伝達する一方、前記モータを所定回転速度以上で弱め界磁制御する場合に、車両の特に部分負荷運転時におけるモータ能力を十分に活用して車両としての動力性能の向上を図り、同時に効率の向上も可能にする。

【構成】　弱め界磁の強さを決める界磁電流指令のモータ回転速度に対する増加率を、部分負荷運転時に、モータ出力を一定にするための界磁電流指令の増加率よりも小さく設定した。ここに弱め界磁特性を変える走行条件としては、トルクを決めるｑ軸電流ｉｑの大きさ、スロットルグリップの開度θTH等を用いることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項１】　永久磁石同期モータの回転を変速装置を介して駆動輪に伝達する一方、前記モータは所定回転速度以上で弱め界磁制御される電動車両において、前記弱め界磁の強さを決める界磁電流指令のモータ回転速度に対する増加率を、部分負荷運転時に、モータ出力を一定にするための前記界磁電流指令の増加率よりも小さく設定したことを特徴とする電動車両の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【産業上の利用分野】本発明は、永久磁石同期モータをその所定回転速度以上で弱め界磁制御するようにした電動車両の制御装置に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】永久磁石同期モータをスクータなどの小型車両の駆動に用いることが考えられている。この種のモータは、従来一定速度を要求される分野に主として用いられていたが、最近ではパワーエレクトロニクスの発達と共に広く可変運転を要求する分野にも使用されるようになっている。

【０００３】　ここで用いるモータはロータ表面に永久磁石を取付け、固定側に電機子を設けた界磁回転形であり、ベクトル制御が行われる。このベクトル制御によれば電機子のｄ軸電流（ｉｄ）により界磁の制御が可能になり、特に高速域における弱め界磁制御によりモータの回転速度域を拡大させることが可能になる。以下その原理を説明する。

【０００４】

【原理】（１）モータの電圧方程式

空隙磁束に同期して回転する同期回転座標（ｄ－ｑ座標）で表したモータの電圧方程式およびトルクは、１式、２式で与えられる。

【０００５】

【数１】

$$\begin{vmatrix} v_d \\ v_q \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} R+L_d p & -nwL_q \\ nwL_q & R+L_q p \end{vmatrix} \begin{vmatrix} i_d \\ i_q \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 \\ nw\lambda \end{vmatrix} \quad \cdots 1$$

$$T = kt((\lambda + L_d i_d) i_q - L_q i_q i_d) \quad \cdots 2$$

ただし　　Ｒ　　：電機子抵抗

Ｌｄ，Ｌｑ　：ｄ，ｑ軸自己インダクタンス

λ　　：磁石による電機子巻線の磁束鎖交数

ｎ　　：極対数、　　ｗ　　：回転角速度

ｋｔ　　：トルク定数、　　ｐ　　：微分演算子

【０００６】ここで、モータはロータ表面に磁石を取り付けたタイプであり、円筒機と見なせるから、ｄ，ｑ軸のインダクタンスは等しくなり、Ｌｄ＝Ｌｑ＝Ｌとすると電圧方程式、トルクは次式で表される。

【０００７】

【数２】

$$\begin{vmatrix} v_d \\ v_q \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} R+Lp & -nwL \\ nwL & R+Lp \end{vmatrix} \begin{vmatrix} i_d \\ i_q \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 \\ nw\lambda \end{vmatrix} \quad \cdots 3$$

$$T = kt\lambda i_q \quad \cdots 4$$

【０００８】（２）ｄ軸電流の制御

３、４式より、円筒機の場合にはｄ軸電流ｉｄはトルクに関与せず、ｑ軸電流ｉｑのみでトルクが決まることが解る。このため、ｉｄ＝０に制御することにより、誘起電圧（ｅ０＝ｎｗλ）と同相の電流を流して高力率な制御を行うことができる。

【０００９】しかし、この方式では回転数に比例して誘起電圧ｅ０が上昇するため、モータの最大回転数はインバータ出力電圧の限界で制限される。

【００１０】ここで、比較的高い回転数の定常状態を考えると、Ｒ≪ｎｗＬ，ｐ＝０であるから３式よりｖｄ，ｖｑは５式で表され、端子電圧ｖ１は６式となる。

【００１１】

【数３】

$$v_d = -nwLi_q \quad \cdots 5$$

$$v_q = e_0 + nwLi_d$$

$$(e_0 = nw\lambda : \text{誘起電圧})$$

$$v1 = \text{平方根}(v_d^2 + v_q^2) \quad \cdots 6$$

モータ巻線電流は次式となる。

$$i1 = \text{平方根}(i_d^2 + i_q^2) \quad \cdots 7$$

$$\theta = \tan^{-1}(i_d / i_q)$$

【００１２】以上５、６式より、ｄ軸電流（ｉｄ）を制御することで、端子電圧ｖ１をコントロールできる。すなわち、等価的な界磁の制御が可能となり、ｉｄを負とすれば弱め界磁、正とすれば強め界磁となる。

【００１３】このとき、トルクは４式よりｉｄに依存しないため、ｉｑを一定に保てばトルクを変化せずにｖ１のみを制御できる。

【００１４】電気自動車の様に低速域では大きな加速トルクが必要であるが、高速域では比較的必要トルクが小さい場合には、低速域ではｉｄ＝０制御を行い、高速域ではｉｄを増加し弱め界磁を行ない、モータ端子電圧の増加を抑えることにより運転速度範囲を高速側へ拡張する制御が有効である。

【００１５】

【従来の技術の問題点】ここに従来は、弱め界磁制御に用いるｉｄの制御特性を、所定の回転速度Ｎ０から回転速度Ｎの増加に対して直線的に増加する直線としていた（図４の実線Ａ参照）。すなわちｉｄの回転速度Ｎに対する増加率を正の一定値にしていた。従ってこの場合のトルクＴ特性および出力Ｐ特性は図５にＴＯＡ、ＰＯＡで示すようになる。なお前記の所定の回転速度Ｎ０は、図５に示すようにインバータの出力電圧の限界によりトルクＴが減少し始める回転速度Ｎ０に設定される。またこの直線Ａの傾きは出力Ｐが拡大となるように設定される。

【００１６】ここに図５の特性ＴＯＡ、ＰＯＡは全負荷運転時を示すものである。しかし電動車両においては、急加速時や登坂時などの特別な場合を除き、大部分の走行状態では部分負荷で運転することになる。従ってこの部分負荷運転時には電機子のｄ軸電流ｉｄはスロットルグリップの回動量等に連動させて減少される。図５のＴ１、Ｔ２はこの場合を示す。この時の出力ＰはＰ１Ａ、Ｐ２Ａで示す。

【００１７】このように従来の弱め界磁特性は、図４に実線Ａで示すように全負荷運転時の出力ＰＯＡが最大となるように設定され、部分負荷時にもこの特性が用いられていた。一方、部分負荷時にはトルクＴを決めるｑ軸電流ｉｑが全負荷時に比べて小さく、端子電圧Ｖｌも全負荷時に比べて小さい（６式参照）。このため部分負荷時にはインバータ出力電圧に余裕が残っているにもかかわらず全負荷運転時の最大回転速度の制約を受け、モータの能力を最大限に活用できないという問題があった。

【００１８】

【発明の目的】本発明はこのような事情に鑑みなされたものであり、変速装置を有する車両において、車両の特に部分負荷運転時に弱め界磁制御が作動する場合にモータ能力を十分に活用して車両としての動力性能の向上を図り、同時に効率の向上も可能になる電動車両の制御装置を提供することを目的とする。

【００１９】

【発明の構成】本発明によればこの目的は、永久磁石同期モータの回転を変速装置を介して駆動輪に伝達する一方、前記モータは所定回転速度以上で弱め界磁制御される電動車両において、前記弱め界磁の強さを決める界磁電流指令のモータ回転速度に対する増加率を、部分負荷運転時に、モータ出力を一定にするための前記界磁電流指令の増加率よりも小さく設定したことを特徴とする電動車両の制御装置により達成される。

【００２０】ここに弱め界磁特性を変える走行条件としては、トルクを決めるｑ軸電流ｉｑの大きさ、スロットルグリップの開度θＴＨ等を用いることができる。

【００２１】

【実施例】図１は本発明の一実施例のブロック図、図２はそのベクトル制御部分の機能ブロック図、図３はこれが適用される電動スクータの側面図、図４は弱め界磁制御特性図、図５はモータのトルクおよび出力の特性図である。

【００２２】図３において符号１０は動力ユニットであり、永久磁石同期モータ１２と伝動ケース１４とを一体とし、伝動ケース１４の後端に駆動後輪１６を保持したものである。この伝動ユニット１０はその前部が車体フレーム１８に上下揺動自在に軸支され、伝動ケース１４の後部は緩衝器２０により弾性支持されている。伝動ケース１４内にはＶベルト無段変速機２２が内蔵され、モータ１２の回転出力は走行負荷に応じて減速比が自動変化する変速機２２を介して後輪１６に伝えられる。

【００２３】２４は運転シート、２６はこの運転シート２４の下方に配設された制御装置、２８は足置台の下に収容された蓄電池である。３０は前輪、３２は操向ハンドルである。この操向ハンドル３２の一方のグリップにはスロットルレバーあるいはスロットルグリップが組込

まれている。

【００２４】モータ１２は永久磁石を回着したロータを持ち、このロータの回転はロータリーエンコーダ５０（図１）により検出される。このエンコーダ５０の出力信号は、インターフェース５２により二進信号に変換され、この二進信号はＲＯＭ５４に記憶した変換表に基づいて回転角θに変換される。またこの二進信号はＦ／Ｖ変換器（周波数・電圧変換器）５６により回転速度に比例した電圧Ｖに変換される。この電圧Ｖはモータ１２の回転速度Ｎを示すことになる。

【００２５】モータ１２は固定側に３相電機子巻線を持ち、３つの電機子巻線のうち２つの相の相電流ｉｕ、ｉｗが検出され、さらにＡ／Ｄコンバータ５８によってデジタル信号にされて３相２相変換器６０に入力される。

【００２６】３相電機子電流ｉｕ、ｉｖ、ｉｗで示される合成電流は固定子座標系である３相交流座標（ｕ、ｖ、ｗ）から観察しているので角速度ｗ（＝ｄθ／ｄｔ）で回転するベクトルである。これを公知のテンソル解析法に従って２軸へ変換して、静止する２相交流座標（α－β）系のα－β軸上の値とし、さらに回転子上に固定された直交座標系のｄ－ｑ軸上に変換して計算を行う。このｄ－ｑ軸上では電流を直流として扱うことができ、計算が単純になるからである。以上の変換を前記３相２相変換器６０は行うものであり、その変換式は図２に示す通りである。変換の結果ｄ軸成分ｉｄすなわち磁束電流ｉｄと、ｑ軸成分ｉｑすなわちトルク電流ｉｑとが電流アンプ６２にフィードバックされる。

【００２７】電流アンプ６２はトルク指令ｉｑ*および界磁電流指令ｉｄ*に基づき、ｄ軸電圧指令Ｖｄ*およびｑ軸電圧指令Ｖｑ*を求めるものである。この演算は図２に示す式に基づいて行われる。この図２の電流アンプ６２に示す式でＫＰ、ＫＩは比例ゲインと積分ゲインを示す。

【００２８】このようにして求めたｄ軸電圧指令Ｖｄ*およびｑ軸電圧指令Ｖｑ*は、２相３相変換器６４において３相交流座標系（ｕ、ｖ、ｗ）の各成分である各電圧指令Ｖｕ*、Ｖｖ*、Ｖｗ*に変換される。そしてこれら各相の電圧指令はパルス幅制御回路（ＰＷＭ）６６に入力される。

【００２９】ＰＷＭ６６では三角波出力回路６８が出力する三角波と各電圧指令Ｖｕ*、Ｖｖ*、Ｖｗ*とが交叉するタイミングを検出する。ゲート回路７０はこのタイミングに基づきゲート信号をインバータ７２に出力する。インバータ７２は蓄電池２８からモータの電機子巻線に加えられる電圧を、このゲート信号による所定のオン・オフ時間比（デューティー比）で高速でオン・オフし、電圧指令Ｖｕ*、Ｖｖ*、Ｖｗ*に対応する電機子電圧を印加する。なお図２に示す構成部分５８、６０、６２、６４、６６は、１つのＩＣすなわちＡＳＩＣ（特定用途向けＩＣ）で形成するのが望ましい。

【００３０】ここで前記電流アンプ６２に入力されるトルク指令ｉｑ*は例えばスロットルグリップの開度（回転角）θTHに対応して変化する。また界磁電流指令ｉｄ*は界磁指令生成回路７４から入力される。この界磁指令生成回路７４は、図４に示すような弱め界磁制御特性を記憶するメモリを内蔵し、回転速度Ｎと走行条件すなわち負荷条件とによって変化する界磁電流指令ｉｄ*を出力するものである。

【００３１】この図４において、実線Ａは全負荷時例えばトルク電流ｉｄが最大となるスロットルグリップの全開時の特性を示し、インバータ出力電圧の制限が始まる回転速度Ｎ０から回転速度Ｎの増加と共に界磁電流指令ｉｄ*を直線的に増加させ、モータ出力Ｐを最大に保つ。また破線Ｂ、一点鎖線Ｃは負荷が例えば２／３、１／３に減少した場合の特性を示す。このように負荷の減少に応じて、傾きを小さくしたものである。

【００３２】このように弱め界磁制御の強さを決めるための界磁電流指令ｉｄ*の傾きを負荷の減少に伴い小さくすると、この時の出力Ｐは図５に実線で示すＰ１Ａ、Ｐ２ＡからＰ１Ｂ、Ｐ２Ｃのように減少する。しかしこのように部分負荷では弱め界磁も減るのでモータの高速側の回転速度範囲を広げることができる。従って変速装置２２の組合せにより、部分負荷時においてもモータ１２の能力を最大限に利用した運転が可能になる。また部分負荷運転時には弱め界磁が弱くなるから、効率の向上が可能になる。

【００３３】以上の実施例では図４の弱め界磁制御特性は全負荷および２／３、１／３負荷について示しているが、その間の全ての部分負荷に対してこの制御特性を連続的に変化させてもよいし、不連続に変化させるようにしてもよい。またこの実施例では負荷が減るのに伴って図４の特性の傾きも減らしてゆくが、負荷と変速装置２２の変速比など他の走行条件を示す情報との組合せによって傾きを変えるようにしてもよい。ここに用いる変速装置は自動変速機に限定されるものではなく、手動または自動の多段変速機であってもよい。

【００３４】

【発明の効果】本発明は以上のように、永久磁石同期モータを用いた電動車両において、ベクトル制御を行うと共に、弱め界磁の界磁電流指令（ｉｄ*）の回転速度に対する増加率を走行負荷の減少に応じて小さくするものであるから、特に部分負荷時のモータの高速側速度範囲を拡大することができる。このため変速装置との組合せによりモータの能力を最大限に活用することができる。また部分負荷での運転中に弱め界磁制御が弱くなるから、弱め界磁による効率低下が少なくなり、特に部分負荷運転が多い車両における効率の向上効果が大きい。

【図面の簡単な説明】

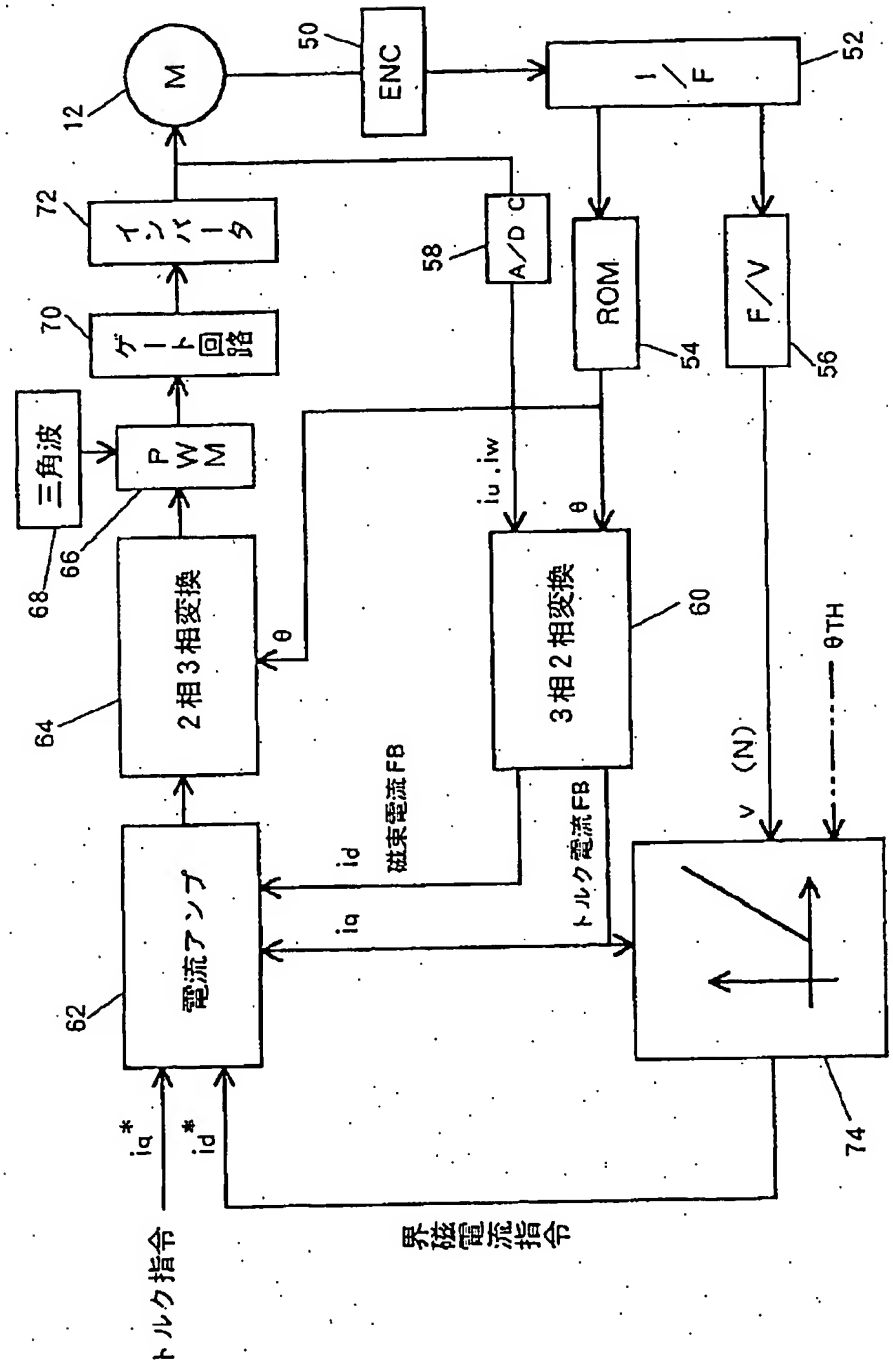
【図１】本発明の一実施例のブロック図

【図２】ベクトル制御の機能ブロック図

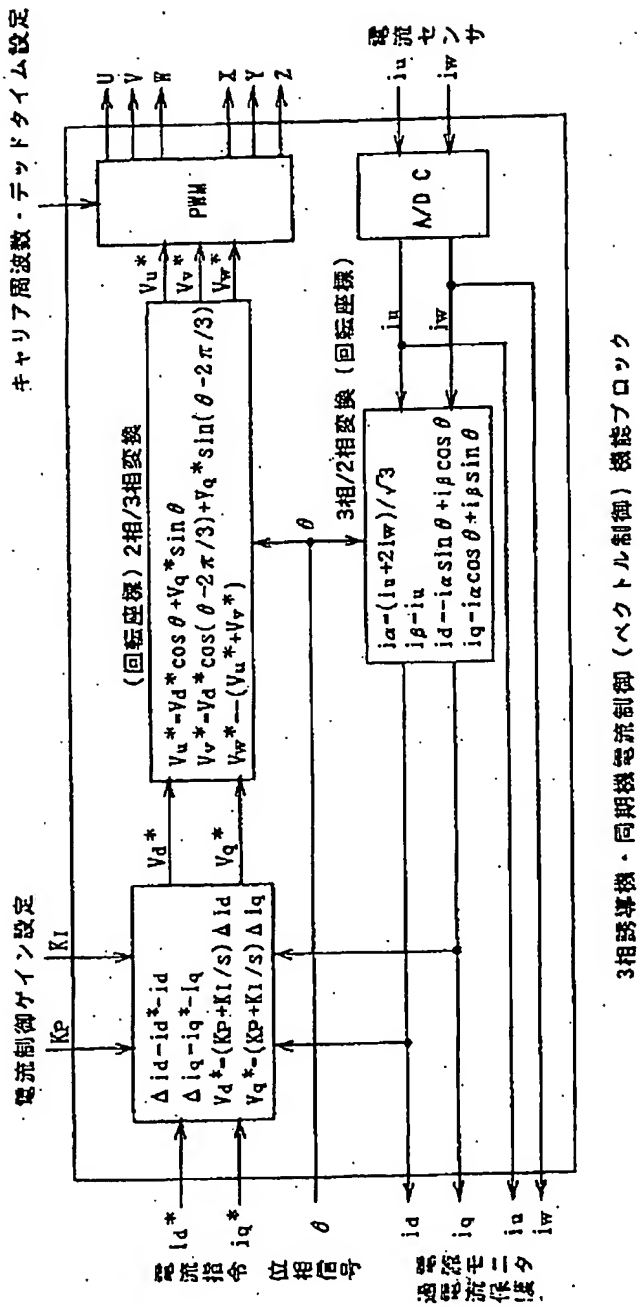
【図３】この実施例を適用した２輪スクータの側面図

【図４】弱め界磁制御特性図
【図５】トルクおよび出力の特性図
【符号の説明】
１２　永久磁石同期モータ
１６　駆動後輪
２２　変速装置
２６　制御装置
７４　界磁指令生成回路

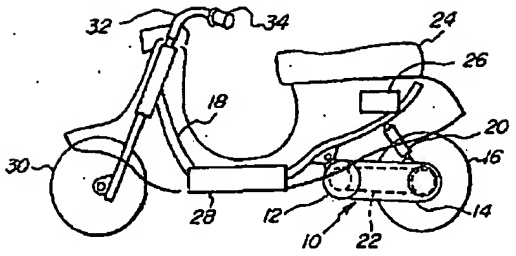
【図１】



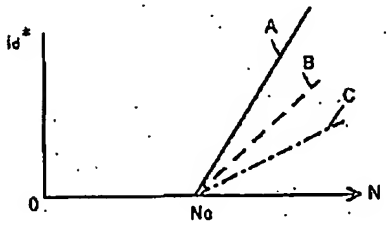
【図2】


キャリア周波数・デッドタイム設定
電流制御ゲイン設定
Kp
Ki
PWM
U
V
W
X
Y
Z
A/D C
電流センサ
iu
iw
Vu*
Vv*
Vw*
Vd*
Vq*
(回転座標) 2相/3相変換
Vu*=Vd*cosθ+Vq*sinθ
Vv*=-Vd*cos(θ-2π/3)+Vq*sin(θ-2π/3)
Vw*=-(Vu*+Vv*)
3相/2相変換 (回転座標)
iα=-(iu+2iw)/√3
iβ=-iu
id=-iαsinθ+iβcosθ
iq=-iαcosθ+iβsinθ
Δid=id*-id
Δiq=iq*-iq
Vd*=(Kp+Ki/s)Δid
Vq*=(Kp+Ki/s)Δiq
θ
id*
iq*
電流指令
位相信号
id
iq
ia
iw
誘導電動機電流ベクトル
3相誘導機・同期機電流制御（ベクトル制御）機能ブロック

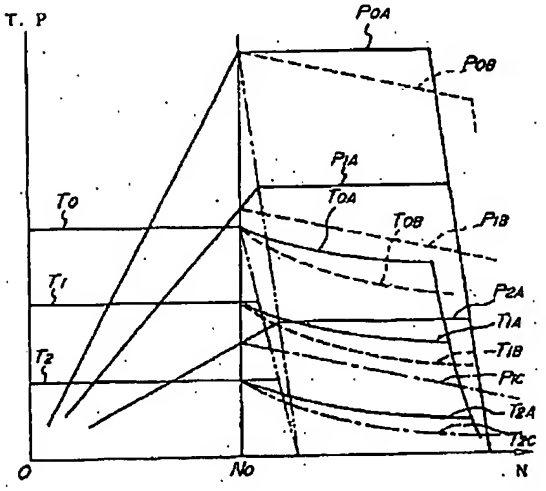
【図３】


32
34
24
26
18
20
16
30
28
12
14
10
22

【図４】


Id*
A
B
C
0
No
N

【図５】


T. P
POA
POB
PIA
TOA
TOB
PIB
TO
T1
T2
P2A
T1A
T1B
P1C
T2A
T2C
O
No
N